



A.D. 1308

**unipg**

DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA  
CIVILE E AMBIENTALE  
DIPARTIMENTO DI ECCELLENZA

# **RICERCA APPLICATA IN AMBITI CONNESSI ALLA PREVENZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NEL COMUNE DI DERUTA**

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA SULLO STATO DI PROGETTO



---

# Indice

<b>Prefazione</b>	<b>iii</b>
<b>1 I versanti del centro storico di Deruta: stato di progetto</b>	<b>1</b>
1.1 Ipotesi di Intervento nell'area nord-est . . . . .	1
1.1.1 Ipotesi di intervento in zona 5 . . . . .	3
1.1.2 Ipotesi di intervento in zona 6 . . . . .	10
1.1.3 Ipotesi di intervento in zona 7 . . . . .	17
<b>B Appendice B: Ipotesi di interventi di consolidamento sul versante nord-est</b>	<b>21</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>23</b>



---

# Prefazione

Questo documento contiene la relazione tecnico-illustrativa delle ipotesi progettuali per il consolidamento del versante nord-est della città di Deruta, ed è stato redatto nell'ambito dell'accordo tra il Comune di Deruta ed il Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia per "Ricerca applicata in ambiti connessi alla prevenzione del rischio idrogeologico nel comune di Deruta".

Si evidenzia che in questo documento, ai soli fini dello Studio di Fattibilità Tecnico-Economico, ovvero quello dell'individuazione della soluzione che, tra le alternative possibili, presenta il miglior rapporto tra costi complessivi da sostenere e benefici attesi per la collettività, è stato proposto un pre-dimensionamento di massima delle opere. Tale pre-dimensionamento si deve intendere con carattere meramente indicativo e dovrà essere opportunamente adeguato e verificato ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti, a seguito di una appropriata campagna di indagine geotecnica in fase di progettazione Definitiva ed Esecutiva.

*Perugia, 22.12.2021*

Prof. Ing. Diana Salciarini (Responsabile Scientifico)

Dott. Ing. Arianna Lupattelli

Dott. Ing. Silvia Settembre



## I versanti del centro storico di Deruta: stato di progetto

### 1.1 Ipotesi di Intervento nell'area nord-est

I versanti in esame fanno parte del rilievo collinare su cui sorge la città di Deruta, nella parte Nord-Est rispetto al centro storico della città (Fig. 1.1). Gli interventi previsti sono finalizzati alla messa in sicurezza del territorio interessato da movimenti di instabilità. Le soluzioni tecniche previste permetteranno di ottenere questo obiettivo, limitando l'interferenza negativa con le componenti paesaggistiche e ambientali caratteristiche del luogo. Sono state pertanto individuate in modo da ottenere il miglior compromesso possibile tra l'efficienza tecnica richiesta per garantire un livello di sicurezza adeguato e una ridotta invasività ambientale: le opere di consolidamento in conglomerato cementizio presentano un paramento rivestito in pietra e possono essere sostituite, dove possibile, con terre rinforzate; la regimazione delle acque superficiali è tipicamente un intervento a basso impatto ambientale ed eviterà l'aggravarsi di fenomeni di franamento e di erosione superficiale. Infine, saranno sempre previsti interventi di rinverdimento e manutenzione della vegetazione.

L'area in esame (Fig. 1.1) è stata suddivisa in tre zone (rispettivamente zona 5, zona 6 e zona 7) per ciascuna delle quali è stato elaborato un intervento di consolidamento del versante mediante interventi paesaggisticamente non invasivi.

L'intervento in zona 5, lungo il versante situato all'intersezione tra via Urbano IV e la Circonvallazione Nord, prevede la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio e di una grata viva, opera di Ingegneria Naturalistica, con funzione stabilizzante nella parte superiore del versante.

L'intervento in zona 6, lungo il versante situato a Nord-Est della cinta muraria del centro storico di Deruta a ridosso della Circonvallazione Nord, comprende due ipotesi progettuali alternative: una prevede la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio, la riprofilatura del versante e la messa in opera di geocelle nella parte superiore; l'altra, prevede l'installazione di geogriglie di rinforzo al piede del pendio per realizzare delle terre rinforzate con



**Figura 1.1:** *Inquadramento dei versanti oggetto di studio a nord-est del centro storico di Deruta.*

paramento inerbito, la riprofilatura del versante e la messa in opera di geocelle nella parte superiore.

L'intervento in zona 7, lungo il versante situato ad Est della cinta muraria del centro storico di Deruta, riguarda la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio, a proseguimento di quello esistente, e la riprofilatura del versante con la messa in opera di geocelle nella parte superiore.

In una situazione come quella che si presenta per i versanti intorno al centro storico della città di Deruta, l'integrazione di tecniche tradizionali con l'uso di tecniche di Ingegneria Naturalistica, come la grata viva, le geocelle e le terre rinforzate, permetterà di ottenere soluzioni sicure, durature nel tempo e allo stesso tempo paesaggisticamente gradevoli con un inserimento ottimale nel paesaggio circostante. Ciascun intervento sarà esposto nel dettaglio nei paragrafi successivi. L'inquadramento del lavoro è stato sintetizzato in un elaborato tecnico contenente la localizzazione dei versanti oggetto degli interventi proposti per la zona nord-est dell'abitato di Deruta (Appendice B, tavola 3).



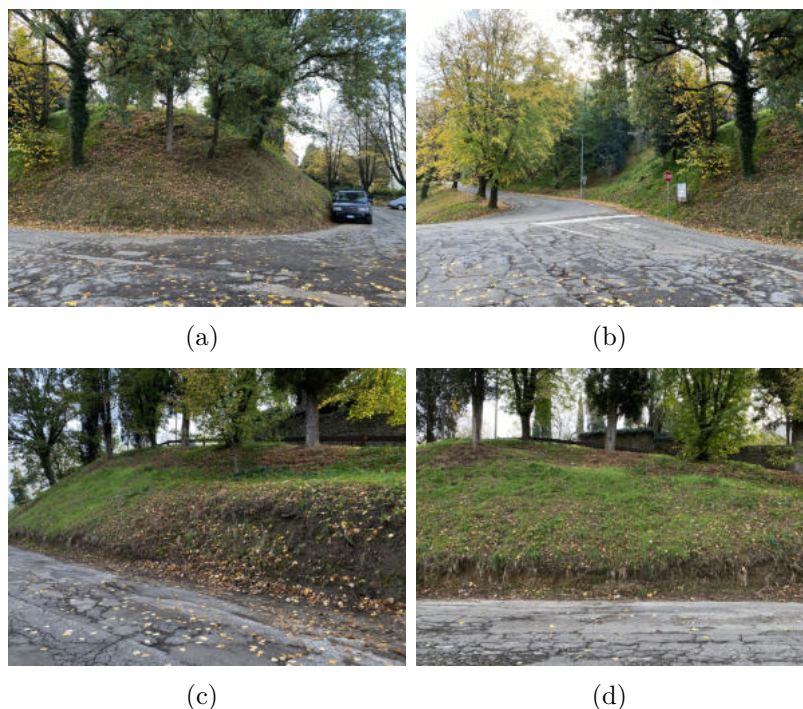
*Figura 1.2: Inquadramento intervento 5.*

### 1.1.1 Ipotesi di intervento in zona 5

Lungo il versante situato all'intersezione tra via Urbano IV e la Circonvallazione Nord (zona 5, Fig. 1.2), l'intervento proposto prevede la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio e di una grata viva, opera di Ingegneria Naturalistica, con funzione stabilizzante nella parte superiore del versante.

Dall'osservazione in sito e dall'analisi delle foto dello stato attuale del versante (Fig. 1.3) emergono delle criticità, in particolare si riscontrano fenomeni di frana e di erosione superficiale in corrispondenza del piede del pendio adiacente alla strada e si presentano condizioni che non permettono al terreno di assumere la sua naturale pendenza d'equilibrio, per cui si ritiene necessario un intervento di consolidamento mediante la realizzazione di un muro di sostegno. Il muro, realizzato in c.a., è del tipo a sbalzo pertanto sfrutta il peso del terreno che grava sulla suola di fondazione per garantire la stabilità al ribaltamento ed alla traslazione orizzontale. Si prevede una parete verticale fuoriterza alta 2.5 m e rivestita in pietra faccia a vista per rendere la struttura più integrata con l'ambiente circostante e del tipo già utilizzato in corrispondenza del muro del parcheggio su via Borgo Garibaldi. Una sezione tipo dell'intervento descritto è riportata in Fig. 1.4.

Particolarmente importanti per la stabilità dell'opera sono la realizzazione e la manutenzione periodica di un corretto ed efficace sistema di drenaggio, in modo da limitare o impedire l'insorgere di pericolose pressioni idrauliche a tergo della



**Figura 1.3:** Stato attuale del versante situato lungo la Circonvallazione Nord oggetto di studio dell'intervento 5.

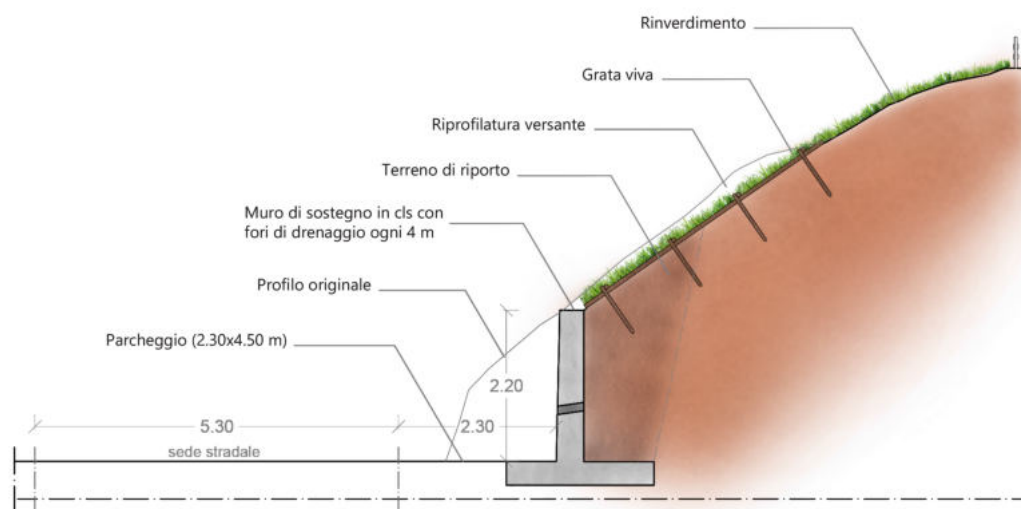
struttura e il conseguente aumento delle spinte del terreno da sostenere. Per questo motivo si prevede la realizzazione di fori di drenaggio di 10-15 cm di diametro con un interasse pari a 2 m. Le acque di drenaggio, poi, verranno convogliate in una canaletta al piede che si ricongiunge alla fognatura esistente.

***Si evidenzia che il dimensionamento delle opere proposte è solo di massima e dovrà essere opportunamente aggiornato e verificato a seguito di una specifica campagna di indagine geotecnica in fase di progettazione definitiva ed esecutiva.***

Precedentemente alla costruzione del muro di sostegno, si presume di effettuare uno scavo che permetta di arretrare di 2 m rispetto all'attuale strada in modo da consentire la realizzazione di parcheggi in linea adiacenti al versante, in numero pari a 24 e di dimensione 2.3 x 4.5 m, per rispondere alle esigenze degli abitanti del centro storico di Deruta, in particolare di coloro che risiedono in prossimità di Porta Perugina.

Risulta inoltre necessario prevedere un intervento di riprofilatura della parte alta della scarpata finalizzato ad incrementarne la stabilità attraverso una ridistribuzione delle masse lungo il pendio. Infine si prevede la realizzazione di una grata viva.

La grata viva è una struttura che si ottiene disponendo tronchi orizzontali e verticali in maniera perpendicolare tra loro; si tratta di un sostegno reticolare con capacità di contenimento di materiale vegetativo e di riporto, da addossare a pareti



**Figura 1.4:** Sezione tipo dell'intervento previsto in zona 5.

instabili così da limitare i processi erosivi e la possibilità che si verifichino frane. Una volta che il materiale vegetale innestato ha attecchito, questo va pian piano a sostituire la struttura portante in legno. Per le sue caratteristiche, la grata assicura la stabilizzazione di scarpate ed il drenaggio delle acque sub-superficiali. Non ha limiti di altezza, può raggiungere anche i 20 m di estensione in verticale, e allo stesso tempo si adatta a terreni con forte pendenza (comunque non superiore ai  $55^\circ$ ). Nonostante l'importanza di questi due significativi vantaggi, si ricorda che tale struttura non è idonea a sopportare spinte derivanti dalle masse di terreno a tergo troppo elevate, essendo la sua funzione limitata al sostegno ed al contenimento del terreno superficiale. Non si riscontrano problemi nella realizzazione di questa struttura sul versante oggetto di studio in quanto la pendenza si attesta intorno ai  $40^\circ$ - $45^\circ$ . Le componenti utilizzate per la realizzazione della grata impongono di concentrare la sua realizzazione nei periodi di riposo vegetativo, quando è possibile l'innesto di astoni e talee opportunamente prelevate tra le specie autoctone con capacità riproduttiva. Ciò che è importante, per la buona riuscita del progetto, è fare attenzione a preservare le piante da possibili danneggiamenti, riducendo al minimo il tempo che intercorre tra il taglio delle talee ed il loro innesto.

Per la realizzazione di queste strutture sono necessari i consueti mezzi meccanici, escavatore, terna o ragno, insieme a braghe o catene e ganci. Per quanto riguarda i materiali sono ovviamente necessarie le talee e le specie arbustive a radice nuda o in fitocella, legni di larice, castagno o pino nero, materiale inerte di riporto e chiodi in tondino di ferro ad aderenza migliorata.

La prima operazione da eseguire è quella che consiste nella preparazione del sito di intervento, predisponendolo al meglio attraverso eventuale pulizia e disboscio e sistemazione morfologica del terreno perché è importante che la superficie del terreno

risulti il più possibile piana. Il piano di posa che dovrà essere realizzato consiste in una trincea di profondità pari alla somma del diametro di due tronchi, la quale, affinché ospiti al meglio gli elementi di fondazione, dovrà presentare un fondo regolare e livellato. In questa fase si dovranno anche inserire possibili elementi drenanti nel terreno stesso. Nella scelta dei tronchi si dovrà fare attenzione a selezionare quelli con diametro maggiore e, tra questi, a porre quelli più grandi nella prima delle due file che si realizzeranno. Si procede poi alla posa ed al fissaggio di tronchi orizzontali di fondazione in due file sovrapposte e sfalsate; quelli contigui (scelti in base al loro diametro compatibile) vengono fissati insieme mediante incastro a sormonto e poi assicurati con trapanazione sequenziale; inoltre i tronchi della fila superiore sono uniti con quelli della fila sottostante per mezzo di una operazione di chiodatura analoga. Per assicurare la struttura, solo dove risulti necessario, si può ricorrere all'infissione di elementi verticali ausiliari addossati ad essa<sup>1</sup>.

Successivamente si posano e si fissano i montanti paralleli tra di loro (Fig. 1.6(a)), inclinati (con medesima inclinazione) e ad una distanza di norma inferiore ai 2 m; le estremità inferiori degli stessi devono poggiare sulla parte posteriore della fondazione, quindi essere fissati ad essa per mezzo di trapanazione di entrambi gli elementi e battitura manuale. Un accorgimento di fondamentale importanza, in grado di facilitare le operazioni successive, è il corretto allineamento dei tronchi (si possono evitare le imperfezioni scavando il substrato in corrispondenza di queste); inoltre se una delle estremità dei tronchi ha diametro maggiore, esso andrà posizionato in basso.

A questo punto dovranno essere disposti i tronchi longitudinali (correnti Fig. 1.6(b)), contigui e fissati ai sottostanti montanti per mezzo di trapanazione (Fig. 1.6(c)). Per quanto riguarda la distanza tra questa fila e la fondazione (quindi anche tra le successive file di correnti) si prospettano due alternative:

- distanza uguale all'interasse dei montanti; in tal caso si ottengono finestre quadrate, più adatte a scarse pendenze;
- distanza minore rispetto all'interasse dei montanti; in tal caso si ottengono finestre rettangolari adatte ad elevate inclinazioni (trattengono meglio il materiale).

I correnti possono teoricamente avere diametro leggermente inferiore rispetto ai montanti. L'utilizzo di distanziatori lignei manovrabili con cambre o zanche, può assicurare un corretto rispetto delle distanze. La lunghezza di questi elementi va sommata alla metà dei due diametri dei tronchi paralleli. Un altro utile accorgimento potrebbe essere la realizzazione con la motosega di tacche nel punto di giuntura del tronco, così da risolvere il problema del diametro troppo grande. Il fissaggio

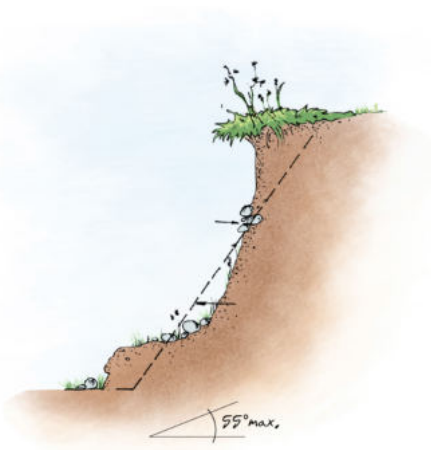
---

<sup>1</sup>Una particolare combinazione strutturale è quella che prevede l'uso della palificata viva doppia come basamento della grata, tra le ultime due file di tronchi longitudinali della palificata, e parallele ad esse, si può dunque predisporre una fila di tronchi orizzontali.

provvisorio, vista la necessità di precisione geometrica, è comunque sempre fortemente consigliato. Attraverso il posizionamento di successive file, congiunte in modo da ottenere una sfalsatura che dia compattezza alla struttura, si arriverà ad ottenere una grata dell'altezza desiderata.

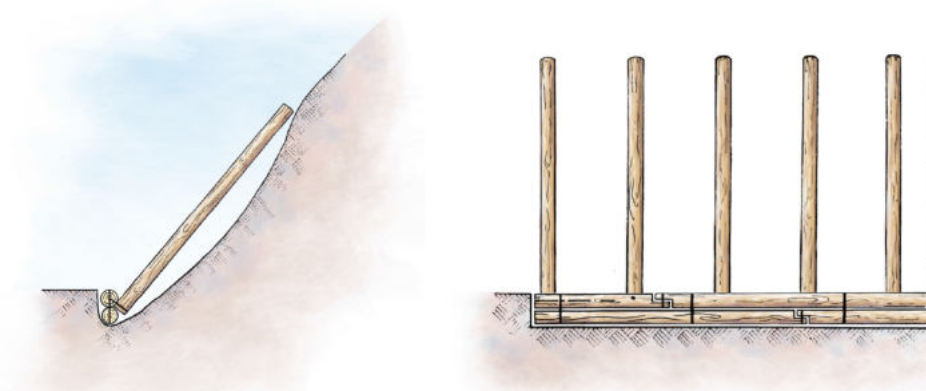
Una volta raggiunto questo stato si procede al riempimento fino al colmo della seconda fila dei tronchi di fondazione utilizzando, come sempre, il materiale inerte di riporto (eventualmente arricchito o migliorato), così da ottenere un terreno con superficie omogenea e compatta, aggiustata anche manualmente in modo da riempire in maniera corretta anche le "camere", ossia gli spazi quadrati o rettangolari tra i tronchi (Fig. 1.7(a)). Successivamente avviene la posa di materiale vegetale vivo autoctono, disposto secondo il verso di crescita ed in modo che le estremità delle talee siano a contatto con la zona di dissesto, ossia il substrato; allo stesso tempo queste devono sporgere per almeno 10-20 cm (Fig. 1.7(b)).

A questo punto si passa al completamento della struttura con materiale inerte e vegetale; tale operazione può essere effettuata sia meccanicamente che manualmente, in modo da rispettare il più possibile la preesistente distanza tra la prima fila di tronchi orizzontali e la superficie morfologica del pendio (Fig. 1.7(c)). Se il materiale inerte di riempimento fuoriesce dalla struttura si può ricorrere a fascine sistemate in modo opportuno od anche ad una rete elettrosaldata, inclinata a reggi-poggio e fissata al tronco longitudinale, a contatto con il substrato. Infine, verrà sistemato il materiale vegetale vivo e la struttura sarà nuovamente riempita con materiale di riporto, in modo sistematico ed ordinato, procedendo camera per camera ed evitando vuoti. È necessario ultimare il lavoro evitando principi di frana, quindi realizzando raccordi tra la struttura e le zone laterali e sommitali, e pulendo il sito.

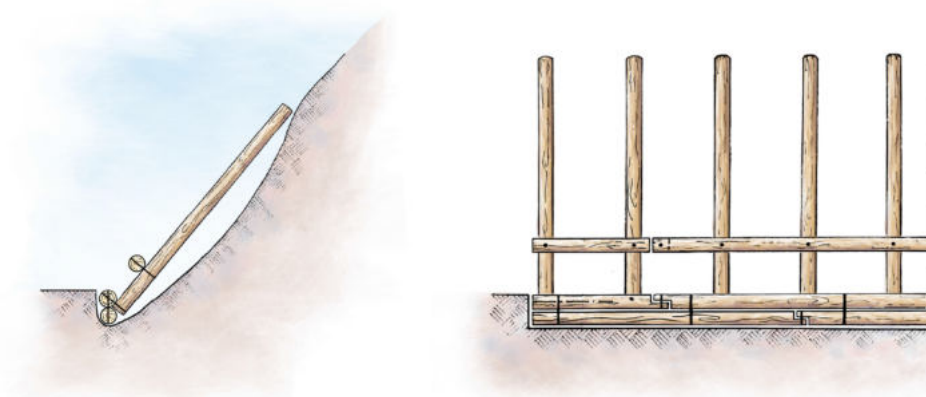


**Figura 1.5:** Grata viva: riprofilatura del versante.

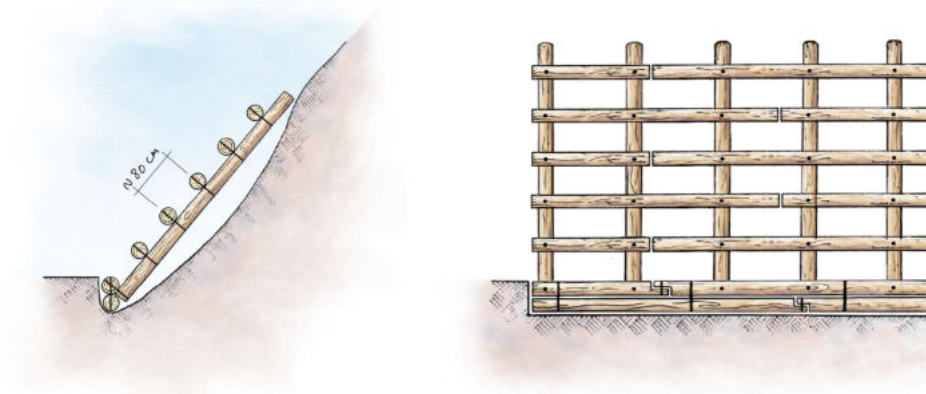
Infine, a completamento dell'opera, si prevede il rinverdimento del pendio. La copertura vegetale permetterà di proteggere gli strati superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque meteoriche, dal ruscellamento, dal vento e dalle escur-



(a) Posa e fissaggio dei montanti

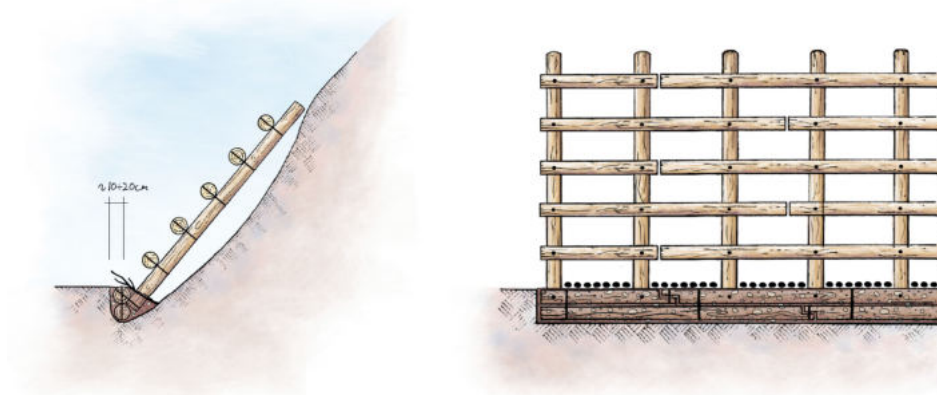


(b) Posizionamento della prima fila dei tronchi orizzontali

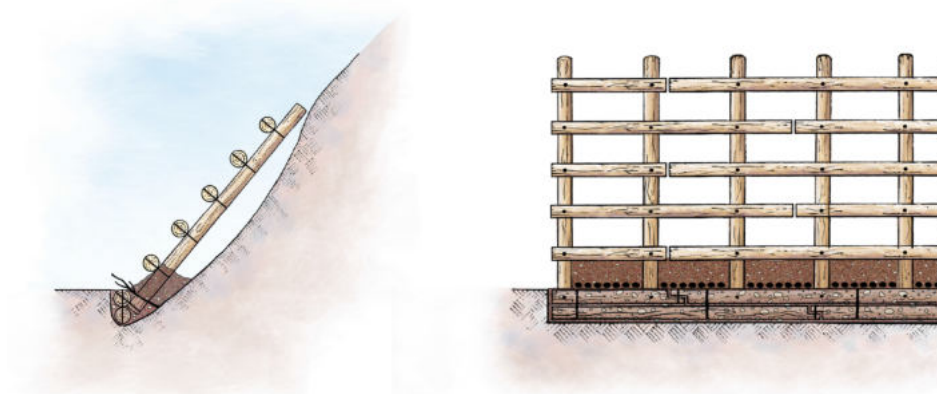


(c) Posa e fissaggio delle successive file di tronchi

**Figura 1.6:** Grata viva: posa e fissaggio delle file di tronchi [1].



(a) Riempimento, fino al colmo della seconda fila, con materiale inerte di riporto



(b) Posa di materiale vegetativo vivo



(c) Completamento della struttura con posa in opera di materiale vegetativo vivo e riempimento con materiale inerte

**Figura 1.7:** Grata viva: completamento della struttura [1].

sioni termiche, contrastando l'erosione superficiale e rinforzando il terreno con il suo apparato radicale.

L'intervento, se ben realizzato, non necessita di particolare manutenzione, fatta eccezione per l'attività ordinaria di potatura, mentre gli interventi, a riparo di eventuali danneggiamenti, sono soprattutto il ripristino degli svuotamenti e la sostituzione di materiale vegetale vivo che non ha attecchito.

La grata viva è un sistema di consolidamento in grado di assolvere immediatamente alle funzioni per il quale è stato progettato e realizzato. L'apparato radicale che si svilupperà solo a seguito della fine del periodo di riposo vegetativo sarà fondamentale per quel processo di continuo consolidamento e stabilizzazione del versante stesso, che continuerà a persistere anche a seguito del deperimento della componente lignea di cui si compone il manufatto. È per questo motivo che la scelta delle specie vegetali da innestare è di fondamentale importanza. Il rinverdimento è visibile già dopo solo un anno dalla posa in opera e al fine di mantenere alto il livello di efficacia dell'opera sono necessarie azioni di manutenzione ordinaria e straordinaria riportate sinteticamente di seguito:

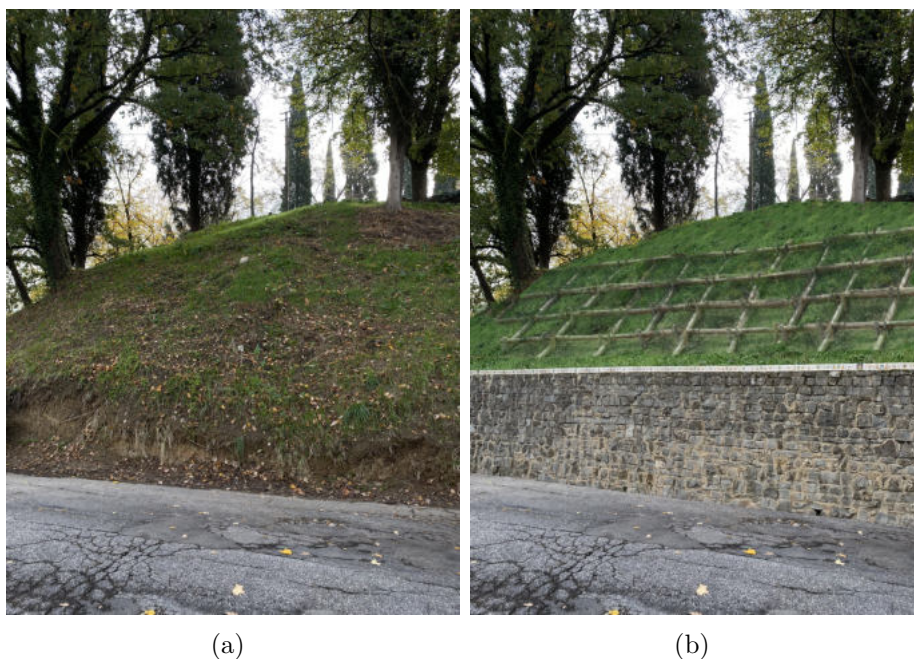
- irrigazione del sito durante la fase di cantiere e alla fine di quest'ultimo;
- potatura e diradamento delle specie vegetali mediante tecniche mirate e non invasive in periodi idonei dell'anno;
- sostituzione del materiale vegetale vivo (talee e piantine) non attecchito;
- ripristino di eventuali svuotamenti prodotti dall'azione erosiva di piogge particolarmente intense o a causa dell'insediamento di animali selvatici e non. In condizioni di particolare criticità possono essere previste anche sostituzioni di porzioni del manufatto;
- sostituzione di parti dell'opera qualora danneggiate.

Di seguito si riporta il fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (Fig. 1.8).

L'ipotesi progettuale appena descritta è stata sintetizzata in una serie di elaborati tecnici contenenti l'analisi del versante e la rispettiva proposta di intervento per la sua stabilizzazione e consolidamento (Appendice B, tavole 4-5).

### 1.1.2 Ipotesi di intervento in zona 6

Lungo il versante situato a Nord-Est della cinta muraria del centro storico di Deruta (zona 6, Fig. 1.9), a ridosso della Circonvallazione Nord, vengono proposte due ipotesi progettuali alternative: una prevede la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio, la riprofilatura del versante e la messa in opera di geocelle nella parte superiore; l'altra, prevede l'installazione



**Figura 1.8:** Stato di fatto del versante (a) e fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (b).

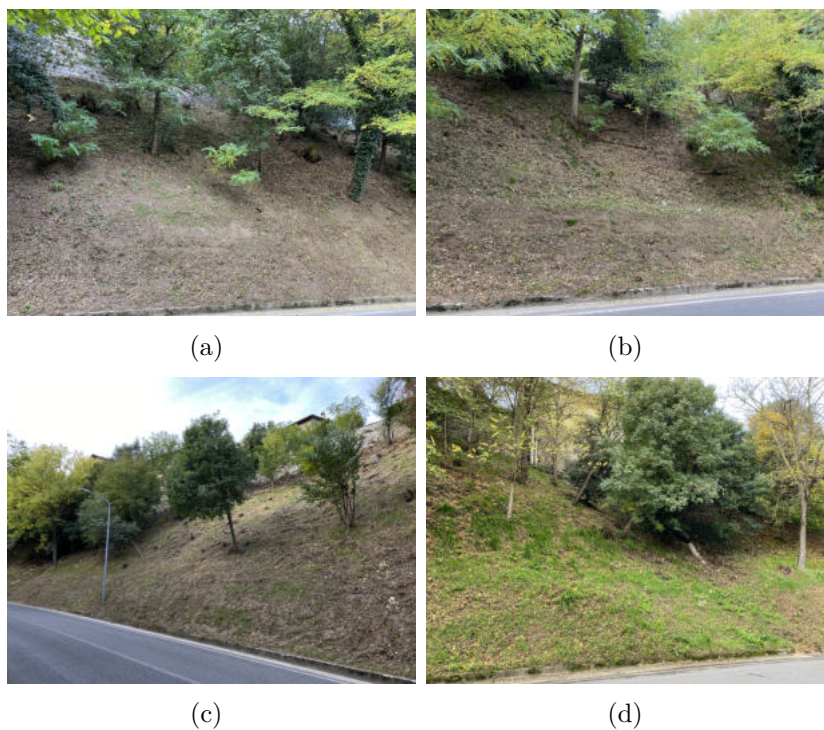
di geogriglie di rinforzo al piede del pendio per realizzare delle terre rinforzate con paramento inerbito, la riprofilatura del versante e la messa in opera di geocelle nella parte superiore.

Dall'osservazione in sito e dall'analisi delle foto dello stato attuale del versante (Fig. 1.10) si riscontrano delle criticità a causa dell'elevata pendenza del versante. In particolare, si presentano condizioni che non permettono al terreno di assumere la sua naturale pendenza d'equilibrio e questo è riscontrabile anche dall'inclinazione degli alberi che risultano essere quasi perpendicolari al pendio. Per questo motivo si ritiene necessario un intervento di consolidamento mediante la realizzazione di una struttura di sostegno al piede che permetta di contenere i movimenti dell'intero versante.

Una prima ipotesi progettuale (Ipotesi A) prevede la realizzazione di un muro tradizionale in c.a. della tipologia con sezione ad L fondato su pali. La struttura di sostegno avrà un'altezza fuoriterra pari a 2.5 m e il paramento esterno rivestito in pietra faccia a vista per rendere la struttura più integrata con l'ambiente circostante e del tipo già utilizzato in corrispondenza del muro del parcheggio su via Borgo Garibaldi. La struttura ad L sarà fondata su una doppia fila di pali di medio diametro. Inoltre, è prevista la realizzazione di un sistema di drenaggio con tubi drenanti posti con un interasse pari a 3 m, di diametro pari a 15 cm, lunghi 10 m e con un'inclinazione di 5° rispetto al piano orizzontale, per garantire la stabilità dell'opera e limitare o impedire l'insorgere di pericolose sovrappressioni idrauliche e

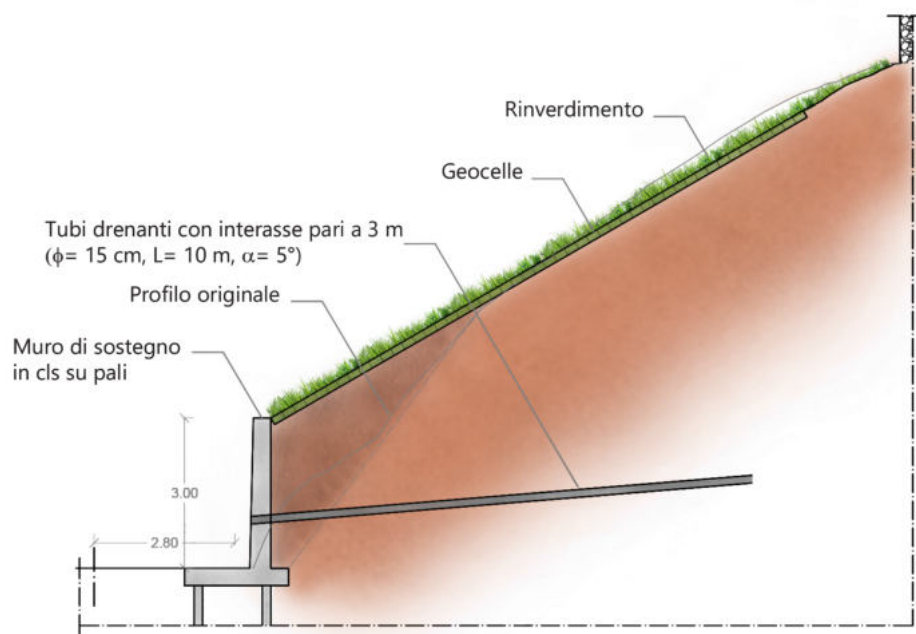


*Figura 1.9: Inquadramento intervento 6.*



*Figura 1.10: Stato attuale del versante situato lungo la Circonvallazione Nord oggetto di studio dell'intervento 6.*

il conseguente aumento delle spinte del terreno da sostenere (Fig. 1.11). Le acque di drenaggio saranno opportunamente convogliate in una canaletta al piede che si ricongiunge alla fognatura esistente. A monte della struttura di sostegno sarà



**Figura 1.11:** Sezione tipo dell'intervento Pendio post intervento previsto in zona 6 (Ipotesi A).

eseguito un intervento di riprofilatura del versante per ridistribuire le masse lungo il pendio e formare un profilo con pendenza il più possibile uniforme.

***Si evidenzia che il dimensionamento delle opere proposte è solo di massima e dovrà essere opportunamente aggiornato e verificato a seguito di una specifica campagna di indagine geotecnica in fase di progettazione definitiva ed esecutiva.***

Infine, si prevede l'installazione di geocelle: le geocelle trovano impiego nella protezione delle scarpate soggette a un'azione di erosione profonda che necessita di una importante azione di confinamento del terreno e si prestano bene al caso oggetto di studio. La struttura a nido d'ape forma una mantellata di celle (disponibili in varie altezze e diametri) ed è realizzata mediante un processo di estrusione in continuo di polietilene (PE). Sono facilmente trasportabili e la struttura, apribile a fisarmonica, occupa un minimo ingombro. Una volta posate ed estese alla massima apertura devono essere riempite con terriccio vegetale (oppure ghiaietto o altri tipi di terreno): in questo modo si crea un'azione di confinamento del terreno che impedisce lo scivolamento dello stesso verso valle e blocca i meccanismi di formazione dell'erosione. Le celle sono collegate tra di loro attraverso giunzioni che hanno un'apertura centrale attraverso la quale può passare l'acqua: in questo modo tutte

le celle risultano idraulicamente collegate tra di loro e l'acqua di infiltrazione può scorrere verso il basso senza appesantire la struttura.

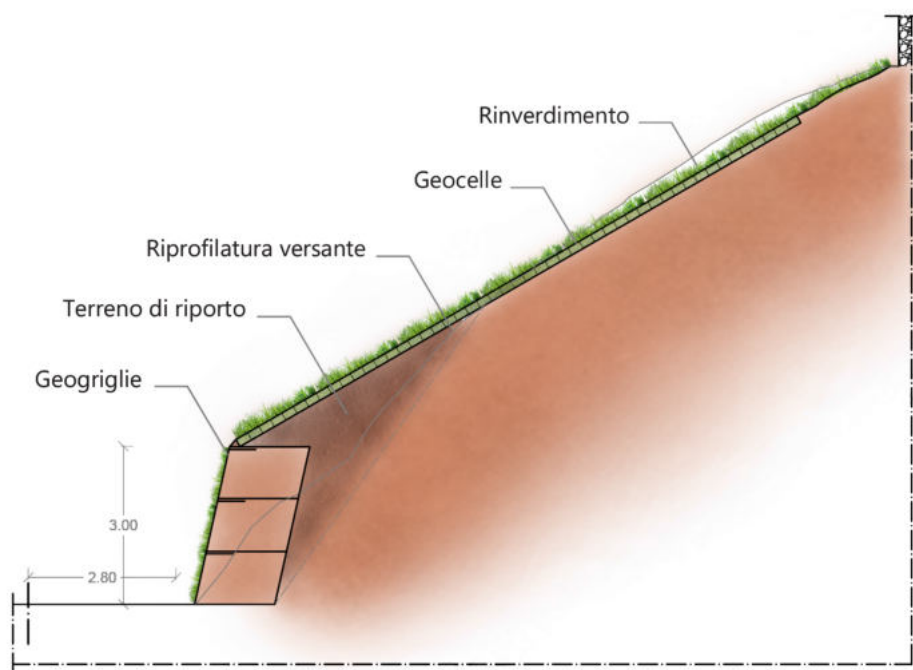
Precedentemente alla loro installazione, il sito deve essere ripulito in modo che sia libero da zolle di terreno, radici, pietre. Eventuali vuoti devono essere riempiti al fine di ottenere una superficie liscia che permette alla geocella di adattarsi perfettamente al terreno.

Per la fase di installazione, il primo step consiste nello scavare la trincea di ancoraggio poiché ogni pannello deve essere ancorato a questa nella parte superiore attraverso chiodi di 300-450 mm di lunghezza posti sulle giunzioni del pannello in modo sfalsato. Le celle possono essere riempite con il terreno o con altri materiali come terriccio, ghiaia, a seconda della richiesta estetica finale e di vegetazione. Il materiale di riempimento deve essere collocato a circa 20 mm sopra la parte superiore delle celle e poi leggermente pressato e livellato all'altezza della cella. I semi andranno distribuiti circa 20 mm sotto al livello finito e dopo la semina è consigliabile l'applicazione di uno strato ulteriore di 10-20 mm di terriccio fine (terriccio sabbioso).

Infine, a completamento dell'opera, si prevede il rinverdimento del pendio. La copertura vegetale permetterà di proteggere gli strati superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque meteoriche, dal ruscellamento, dal vento e dalle escursioni termiche, contrastando l'erosione superficiale e rinforzando il terreno con il suo apparato radicale. Una volta completato il lavoro la struttura si fortificherà con l'attecchimento e la crescita del materiale vegetale vivo. L'intera struttura, se ben realizzata, non necessita di particolare manutenzione, fatta eccezione per l'attività ordinaria di potatura, mentre gli interventi, se dovessero essere necessari, riguardano soprattutto il ripristino degli svuotamenti e la sostituzione di materiale vegetale vivo che non ha attecchito.

La seconda ipotesi progettuale alternativa (Ipotesi B) prevede l'installazione di geogriglie orizzontali di rinforzo al piede del pendio al fine di realizzare una struttura in terra rinforzata con facciata rinverdata e minor impatto ambientale rispetto al caso precedentemente descritto (Fig. 1.12).

Per terra rinforzata si intende una struttura composita che, combinando la tipica resistenza di due differenti materiali, è in grado di migliorare le caratteristiche globali dell'insieme. In particolare le proprietà geotecniche del terreno, materiale resistente a compressione, sono migliorate dalla combinazione con le geogriglie, materiale ad alta resistenza a trazione. L'elevata resistenza a trazione e la capacità della griglia di ridistribuire gli sforzi nel piano, permettono l'uso delle geogriglie anche lungo pendii molto ripidi. La realizzazione delle terre rinforzate è relativamente semplice e flessibile: è possibile realizzarle con inclinazione di facciata fino a 85° con una finitura a verde, con rampicanti o altre essenze, senza l'ausilio del calcestruzzo. In questo modo è possibile adattare la struttura inserendola armoniosamente nell'ambiente circostante. I materiali sono movimentabili a mano e nella maggior parte dei casi è possibile utilizzare come terreno di riempimento quello esistente in loco, rispar-



**Figura 1.12:** Sezione tipo dell'intervento previsto in zona 6 (Ipotesi B).

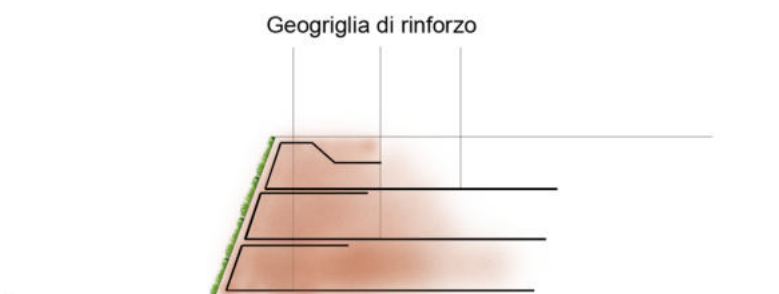
miando quindi sui costi di realizzazione. Le particelle di terreno si incastrano nelle aperture della griglia, che svolge così un'efficace azione cerchiante, limitando i movimenti relativi e migliorando la resistenza al taglio dell'insieme terreno-geogriglia. Nell'ipotesi progettuale proposta sono previsti 3 moduli fino al raggiungimento di un'altezza fuori terra della struttura pari a 3 m.

***Si evidenzia che il dimensionamento delle opere è solo di massima e dovrà essere opportunamente aggiornato e verificato a seguito di una specifica campagna di indagine in fase di progettazione definitiva/esecutiva.***

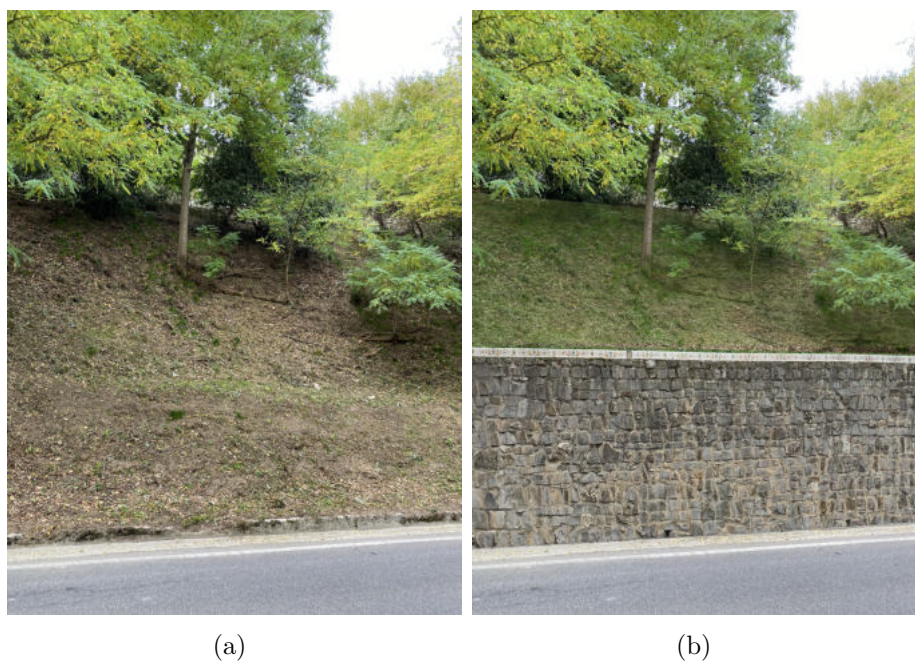
Infine, si prevede la rimozione e la sostituzione dei pluviali non idonei con discendenti in materiale conforme al sistema costruttivo dell'edificio al fine di preservare l'identità del centro storico ed esaltarne le peculiarità. Per questo si suggerisce l'utilizzo di materiali che rispettino le caratteristiche costruttive del luogo, come ad esempio il rame o materiali plastici di idonea colorazione.

Di seguito si riporta il fotoinserimento delle due ipotesi alternative di intervento lungo il versante esaminato (Fig. 1.14 e Fig. 1.15).

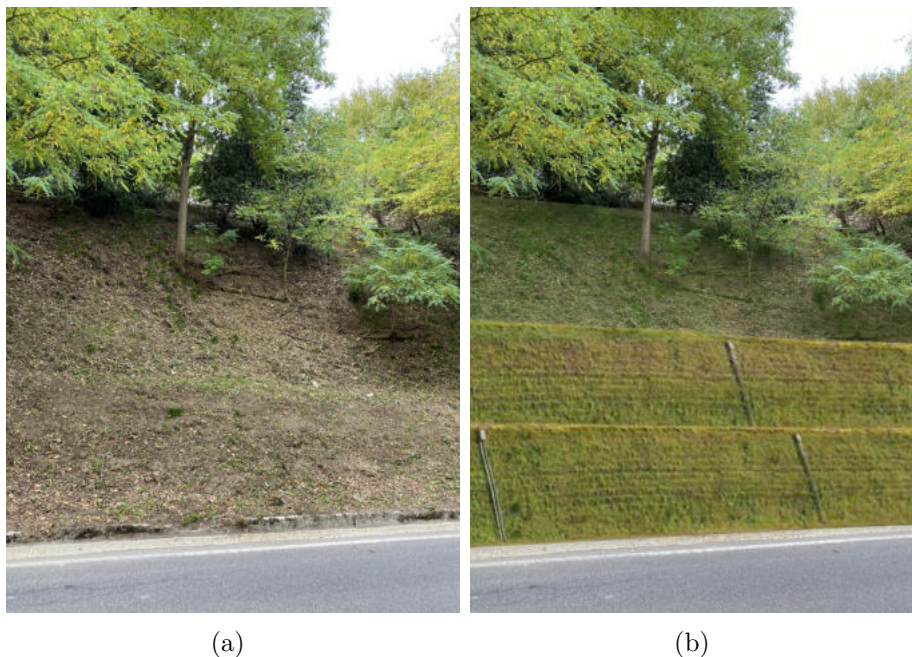
Inoltre, dall'osservazione in sito sono emerse criticità sulla regimentazione delle acque lungo le mura urbane del centro storico, per cui, congiuntamente agli interventi esposti in precedenza, si ritiene necessario un intervento che migliori lo stato attuale e che permetta di convogliare le acque, attraverso un percorso di canalizza-



*Figura 1.13: Vista in sezione di una terra rinforzata.*



*Figura 1.14: Stato di fatto del versante (a) e fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (b).*



**Figura 1.15:** Stato di fatto del versante (a) e fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (b).

zione con tubazione interrata, direttamente nella fognatura esistente.

L'ipotesi progettuale appena descritta è stata sintetizzata in una serie di elaborati tecnici contenenti l'analisi del versante e la rispettiva proposta di intervento per la sua stabilizzazione e consolidamento (Appendice B, tavole 6-9).

### 1.1.3 Ipotesi di intervento in zona 7

Lungo il versante situato ad Est della cinta muraria del centro storico di Deruta (zona 7, Fig. 1.16), si ipotizza la realizzazione di un muro di sostegno con funzione di contenimento del terreno al piede del pendio, a proseguimento di quello esistente, e la riprofilatura della parte alta del versante con la messa in opera di geocelle.

Dall'osservazione in sito e dall'analisi delle foto dello stato attuale del versante (Fig. 1.17) emergono delle criticità, in particolare si riscontrano fenomeni di frana e di erosione superficiale su buona parte del pendio adiacente alla strada osservabili sia dalle radici degli alberi che risultano scoperte che dai fusti perpendicolari alla pendenza del versante, per cui si ritiene necessario un intervento di consolidamento mediante la realizzazione di un muro di sostegno, che sia il proseguimento di quello esistente.

Il muro in calcestruzzo armato con sezione ad L sarà fondato su pali di medio diametro. Questo avrà un'altezza fuoriterra pari a 3 m, con il paramento rivestito



*Figura 1.16: Inquadramento intervento 7.*



(a)

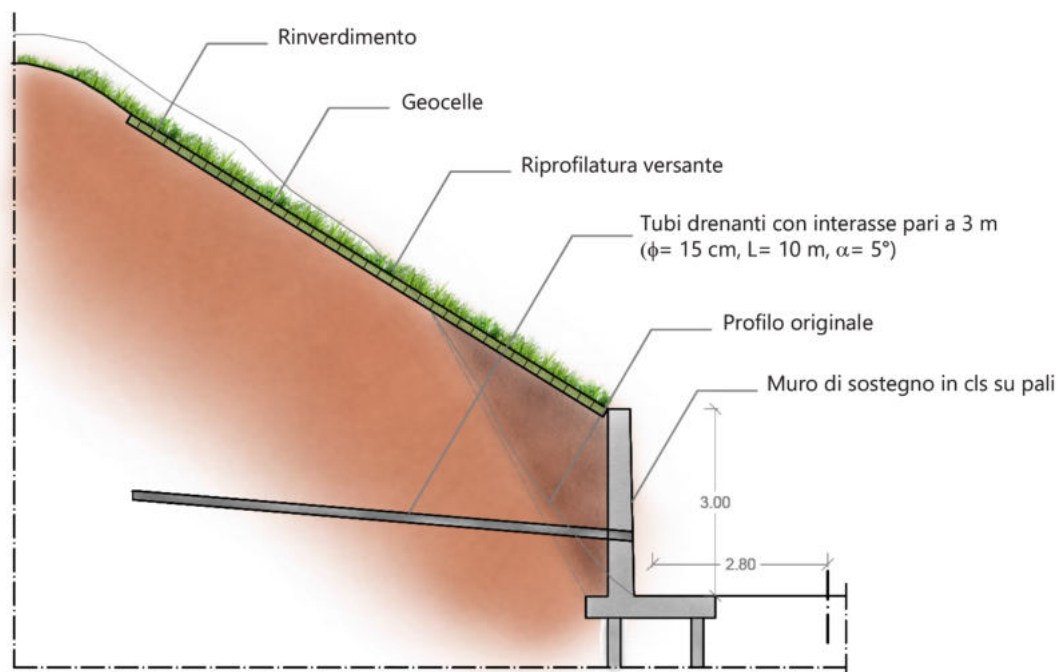


(b)

*Figura 1.17: Stato attuale del versante situato lungo la Circonvallazione Nord oggetto di studio dell'intervento 7.*

in pietra faccia a vista per rendere la struttura più integrata con l'ambiente circostante e del tipo già utilizzato in corrispondenza del muro del parcheggio su via Borgo Garibaldi. Inoltre, per garantire la stabilità dell'opera e limitare o impedire l'insorgere di pressioni idrauliche a tergo della struttura e il conseguente aumento delle spinte del terreno da sostenere, è prevista la realizzazione di un sistema di drenaggio attraverso tubi sfinestrati posti con un interasse pari a 3 m, di diametro pari a 15 cm, lunghi 10 m e con un'inclinazione di  $5^\circ$  rispetto al piano orizzontale (Fig. 1.18). Le acque di drenaggio saranno convogliate in una canaletta al piede che si ricongiunge alla fognatura esistente.

*Si evidenzia che il dimensionamento delle opere proposte è solo di massima e dovrà essere opportunamente aggiornato e verificato a seguito di una specifica campagna di indagine geotecnica in fase di progettazione definitiva ed esecutiva.*

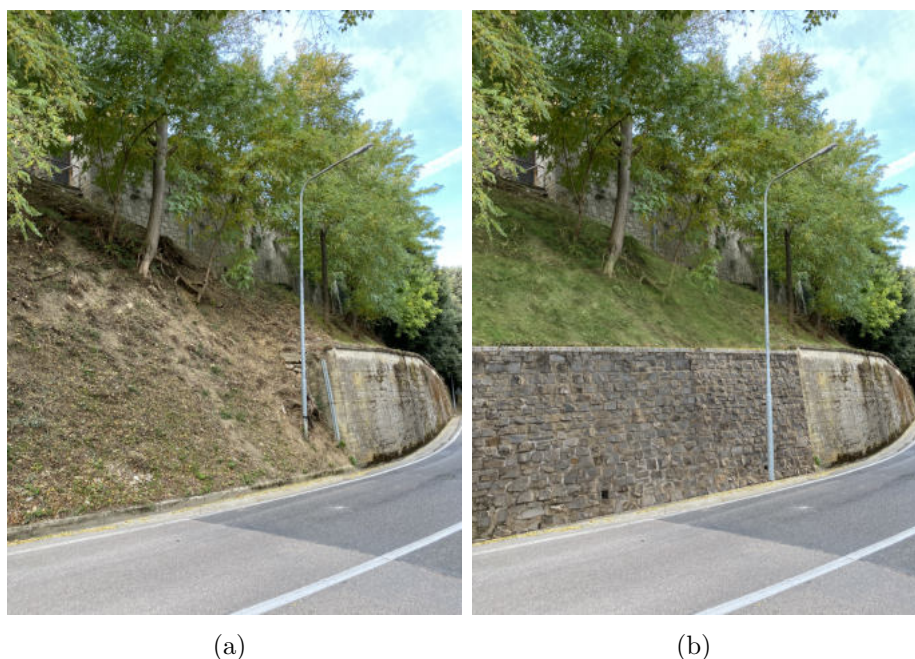


**Figura 1.18:** Sezione tipo dell'intervento previsto in zona 7.

La parte alta del versante sarà oggetto di un intervento di riprofilatura del versante per rimodellare e uniformare la pendenza del pendio e rendere il fondo adatto per l'installazione delle geocelle. Come descritto nel paragrafo precedente, si tratta di una struttura monolitica a nido d'ape molto resistente a trazione, apribile a fisarmonica, che una volta estesa e riempita con terreno consente un'efficace confinamento del materiale posato all'interno delle celle, impedisce lo scivolamento dello stesso verso valle e blocca i meccanismi di formazione dell'erosione. Infine, a completamento dell'opera, si prevede il rinverdimento del pendio in modo tale che gli

strati superficiali di questo risultino protetti dai fenomeni che potrebbero causare erosione superficiale. Si osserva infine che il paramento esistente presenta dei segnali di scarsa manutenzione che possono compromettere la sua conservazione. Si prevede pertanto un intervento di manutenzione straordinaria per la ripulitura al fine di mantenere la sua integrità.

Di seguito si riporta il fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (Fig. 1.19).



**Figura 1.19:** Stato di fatto del versante (a) e fotoinserimento dell'intervento lungo il versante esaminato (b).

L'ipotesi progettuale appena descritta è stata anche sintetizzata in una serie di elaborati tecnici contenenti l'analisi del versante e la rispettiva proposta di intervento per la sua stabilizzazione e consolidamento (Appendice B, tavole 10-11).

---

# B

## **Appendice B: Ipotesi di interventi di consolidamento sul versante nord-est**

# LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI PROPOSTI NEL VERSANTE NORD-EST



0 10 50 m



ZONA 5

ZONA 6

ZONA 7

## LEGENDA

- ZONA 5 DI INTERVENTO
- ZONA 6 DI INTERVENTO
- ZONA 7 DI INTERVENTO



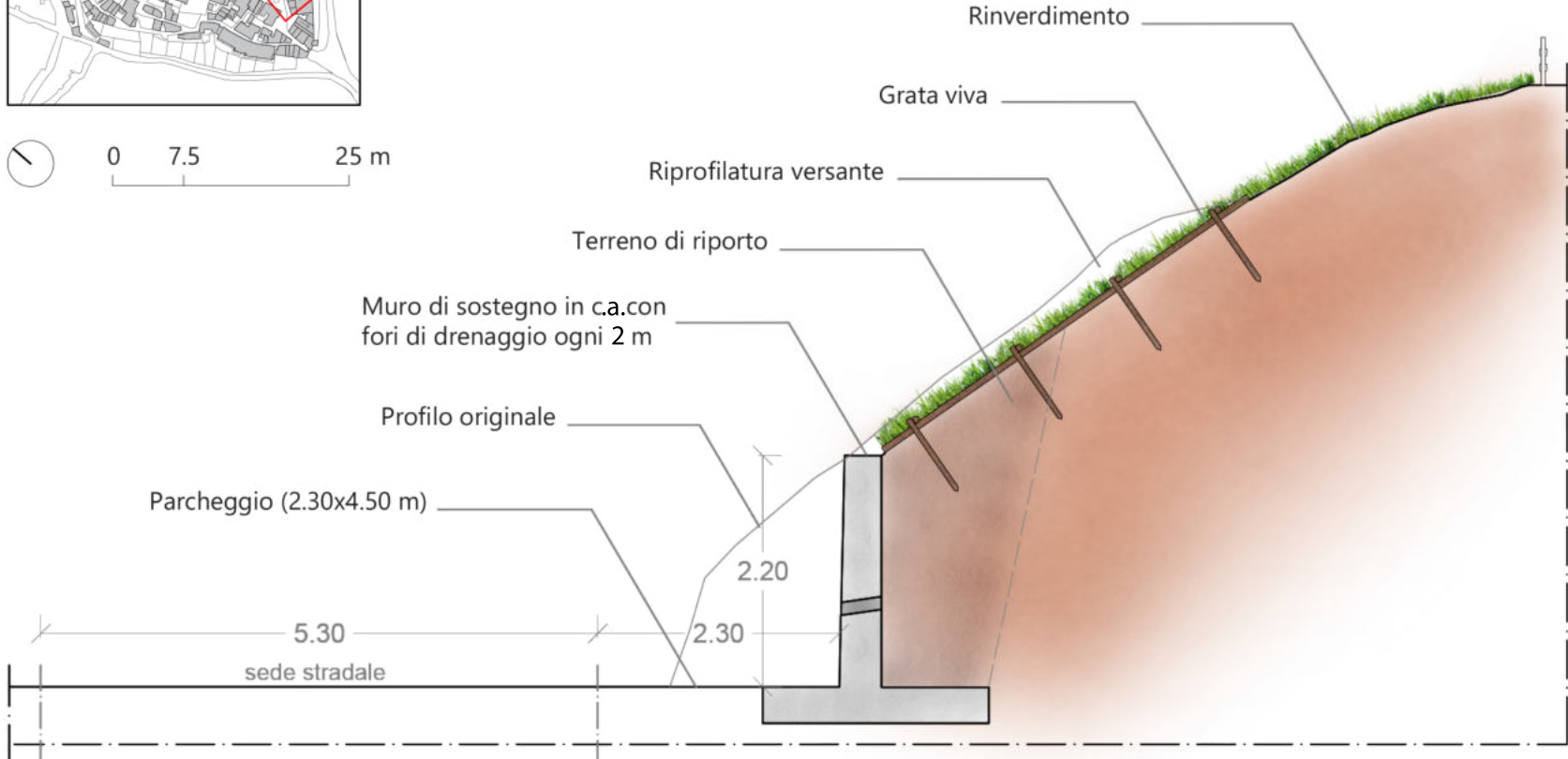
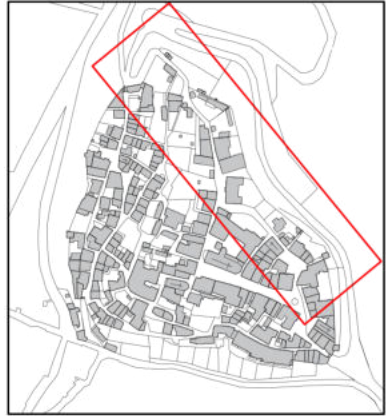
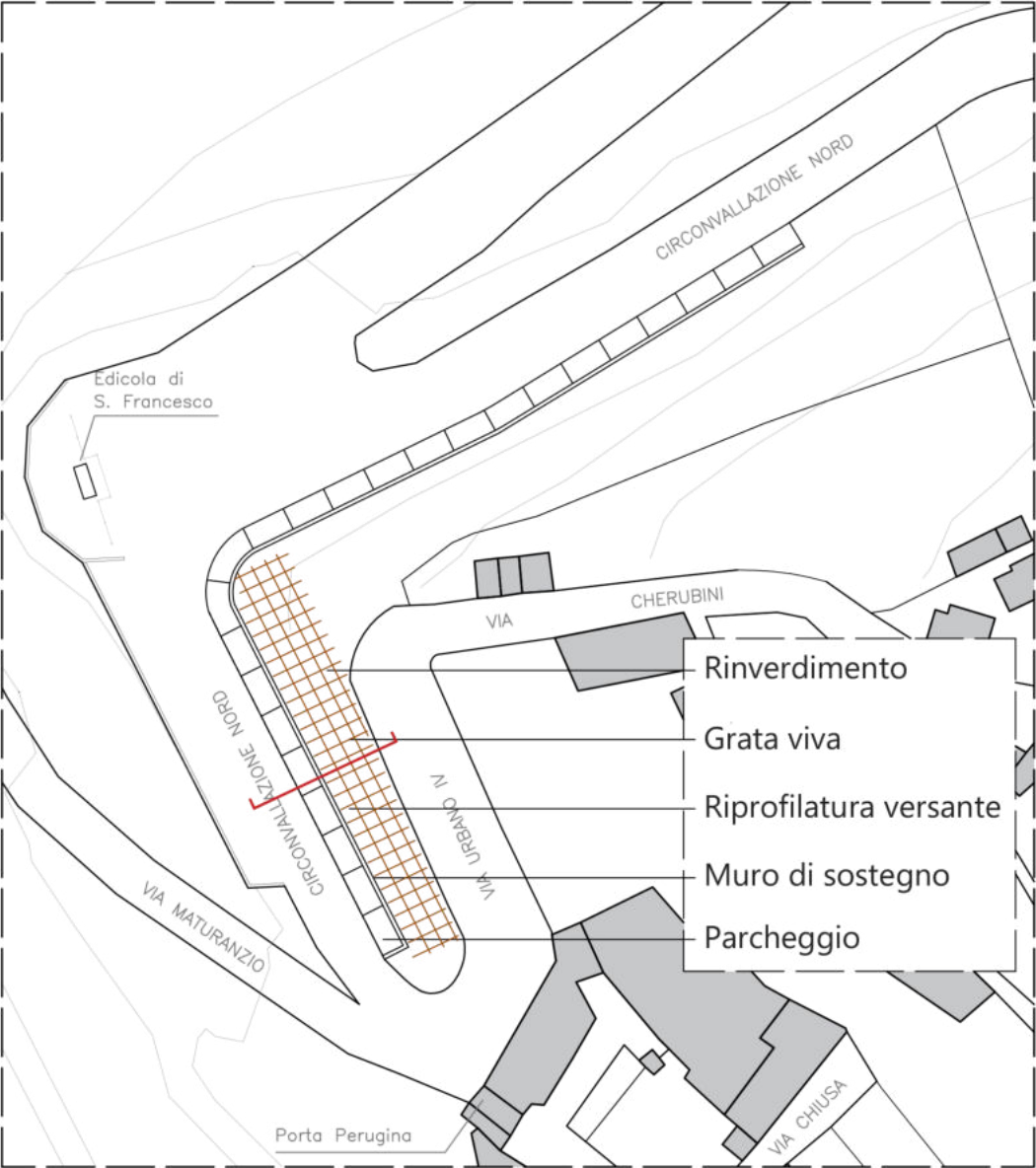
0 10 50 m



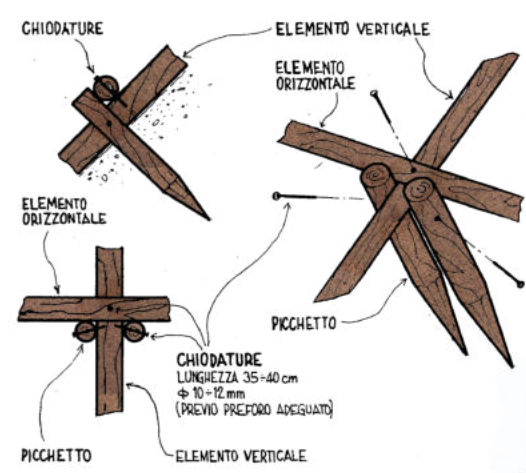
## INTERVENTO 5

Intervento sul pendio situato  
all'intersezione tra Via Urbano IV  
e la Circonvallazione Nord.

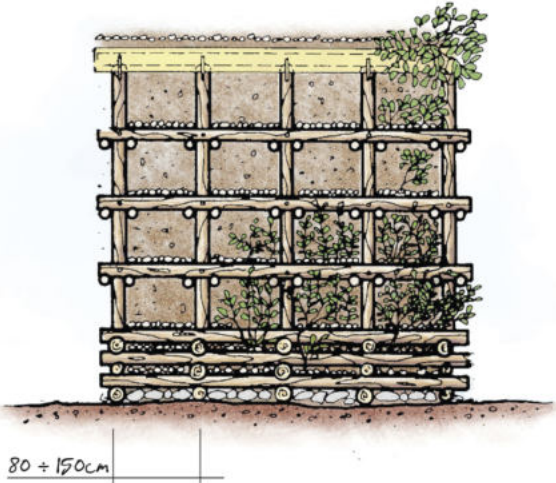
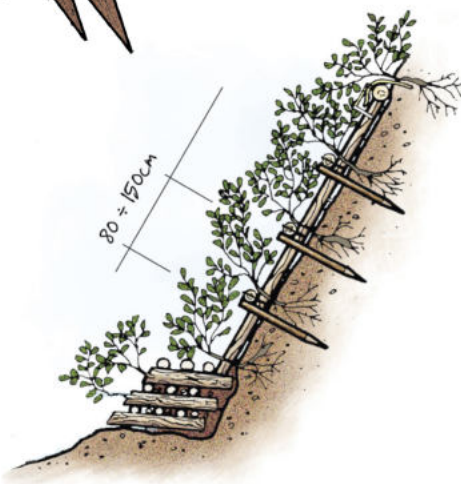
Stato di fatto del versante



Pendio post-intervento



Esempi di grata viva



**INTERVENTO 5**

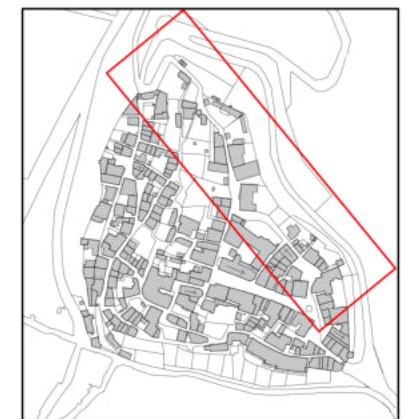
L'intervento lungo il tratto di strada della Circonvallazione Nord posto a ridosso della scarpata, prevede la realizzazione di un muro di contenimento del terreno al piede del pendio e di una grata viva con funzione stabilizzante nella parte superiore del versante. La realizzazione del muro prevede l'arretramento della scarpata di 2 m rispetto alla attuale strada così da consentire la realizzazione di parcheggi in linea adiacenti al versante. A seguire si ritiene necessaria la riprofilatura del versante e la realizzazione di una grata viva, struttura di tronchi orizzontali e vericali disposti perpendicolarmente gli uni agli altri con funzione di sostegno e consolidamento del versante adatta anche alle pendenze più elevat



Stato di fatto del versante

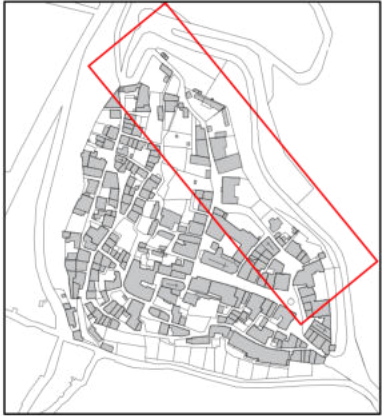


0 10 50 m

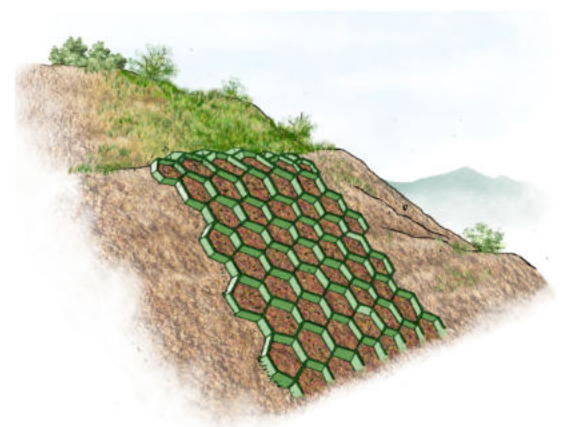
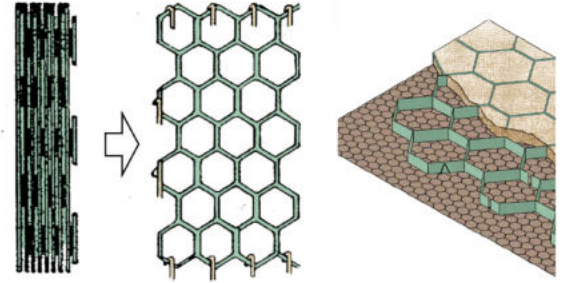


## INTERVENTO 6

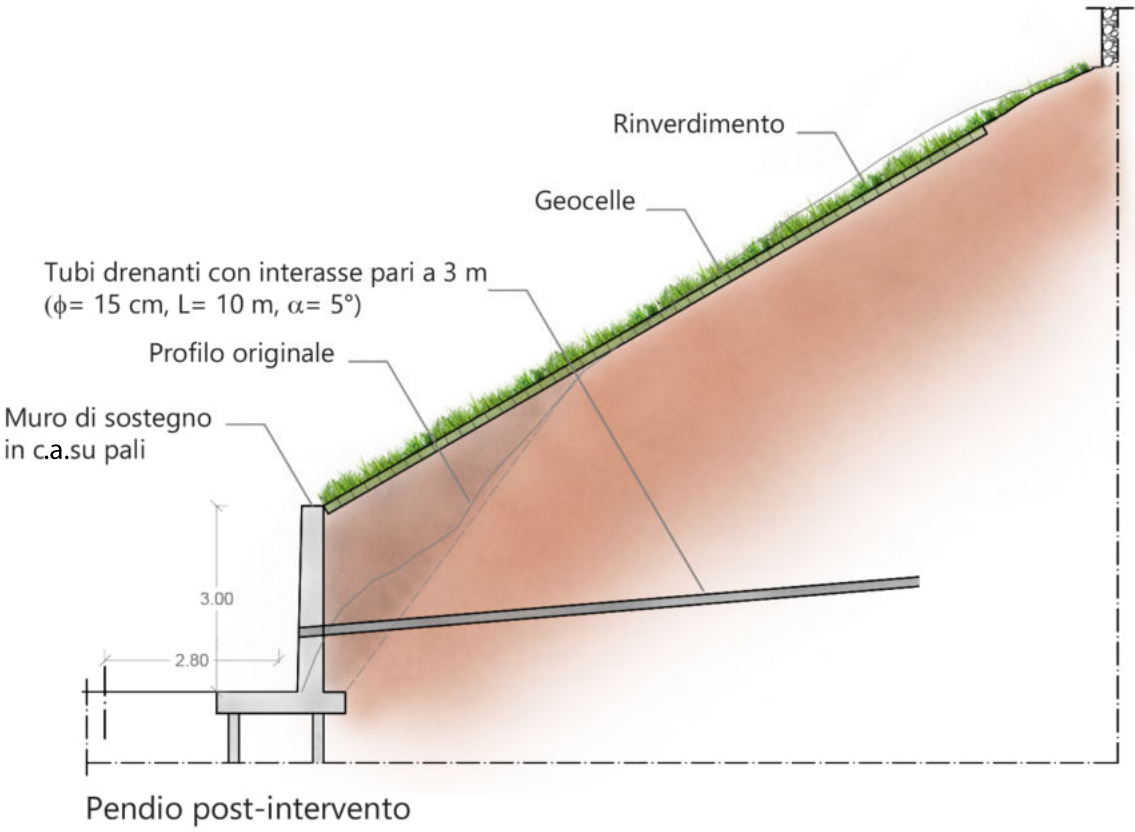
Intervento sul pendio situato  
lungo la Circonvallazione Nord.



- Muro di sostegno
- Riprofilatura versante
- Geocelle
- Rinverdimento

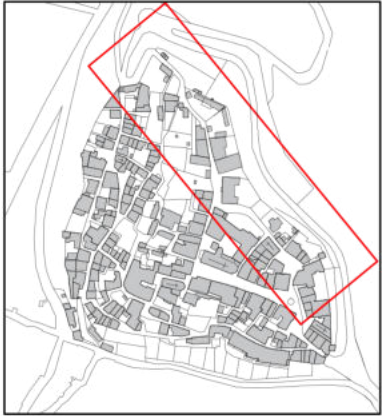


Esempi di geocelle



**INTERVENTO 6A**

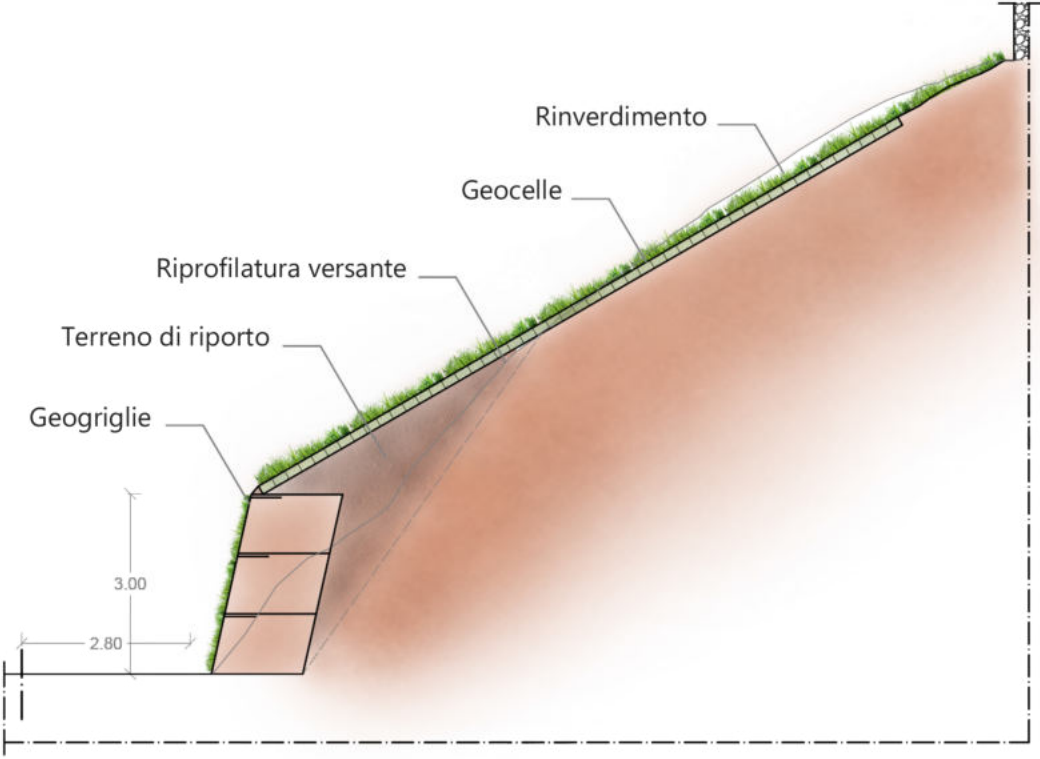
L'intervento, lungo il tratto di strada della Circonvallazione Nord posto a ridosso della scarpata, prevede la realizzazione di un muro di contenimento fondato su pali al piede del pendio, la riprofilatura del versante e la messa in opera di geocelle nella parte superiore. Questo tipo di rivestimento, adatto a pendii e scarpate anche con altezze elevate, svolge un'azione di protezione della parte superficiale del terreno esposta ad erosione e di consolidamento attraverso la piantumazione di specie erbacee



- Rinforzo con geogriglie
- Riprofilatura versante
- Geocelle
- Rinverdimento



Esempi di geogriglie









Pendio post-intervento

**INTERVENTO 6B**

L'intervento, lungo il tratto di strada della Circonvallazione Nord posto a ridosso della scarpata, prevede l'installazione di geogriglie di rinforzo al piede del pendio per realizzare delle terre rinforzate con paramento inerbito. Successivamente si provvederà alla riprofilatura del versante e alla messa in opera di geocelle nella parte superiore. Questo tipo di rivestimento, adatto a pendii e scarpate anche con altezze elevate, svolge un'azione di protezione della parte superficiale del terreno esposta ad erosione e di consolidamento attraverso la piantumazione di specie erbacee

## IPOTESI DI INTERVENTO ZONA 6

## LEGENDA

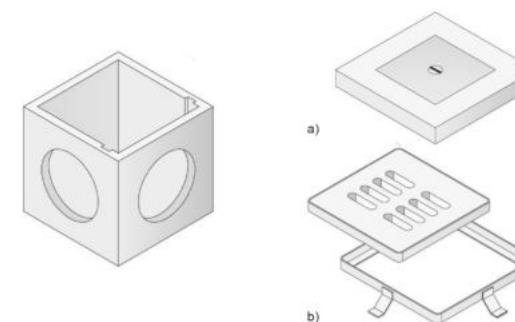
-  Pluviale esistente
-  Pozzetto di ispezione esistente
-  Pozzetto di ispezione di progetto
-  Tubazione interrata esistente
-  Tubazione di progetto
-  Rete fognaria esistente



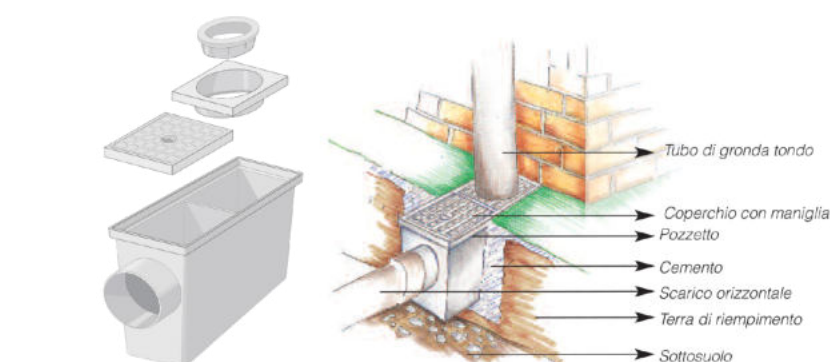
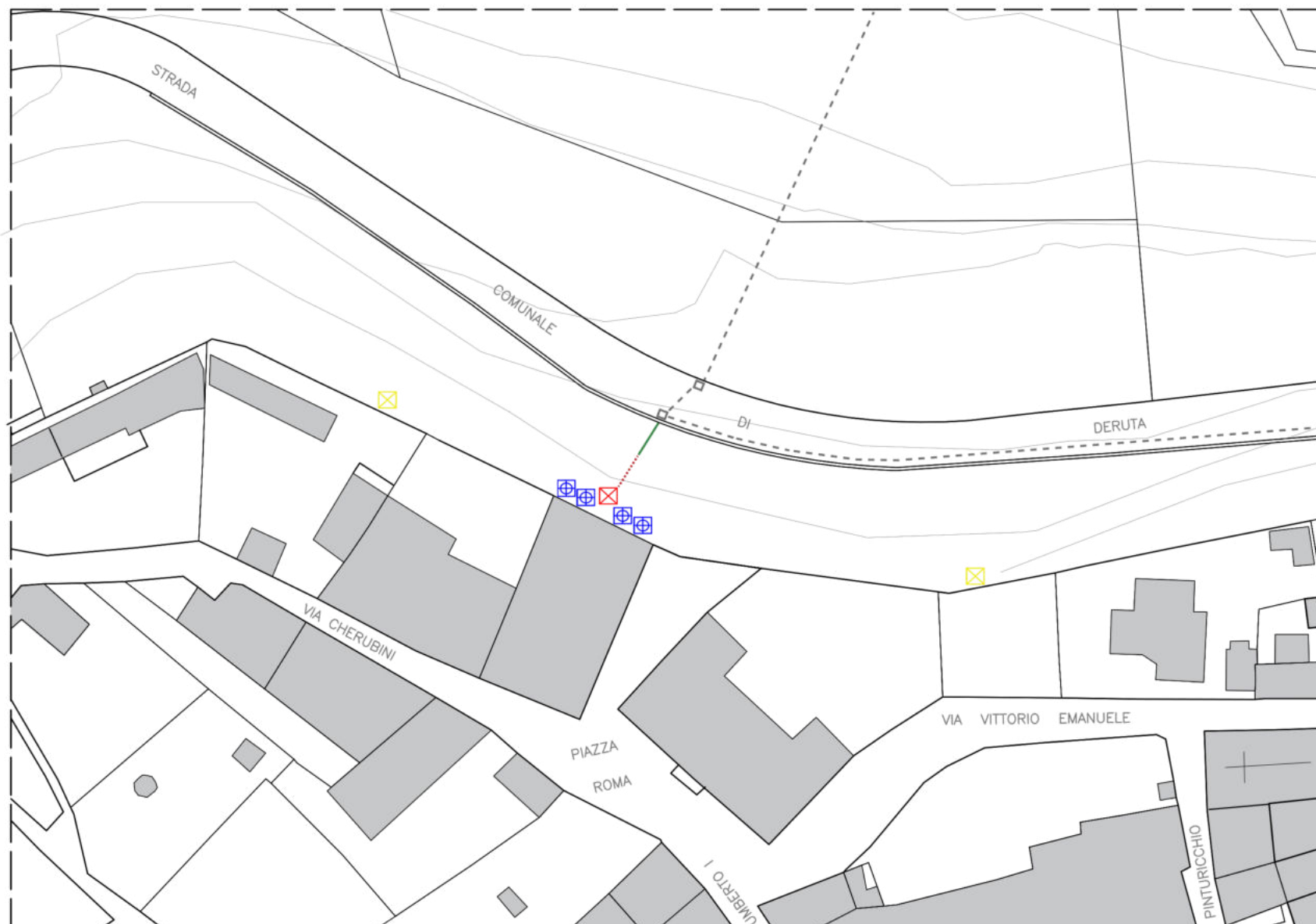
0 7.5 25 m



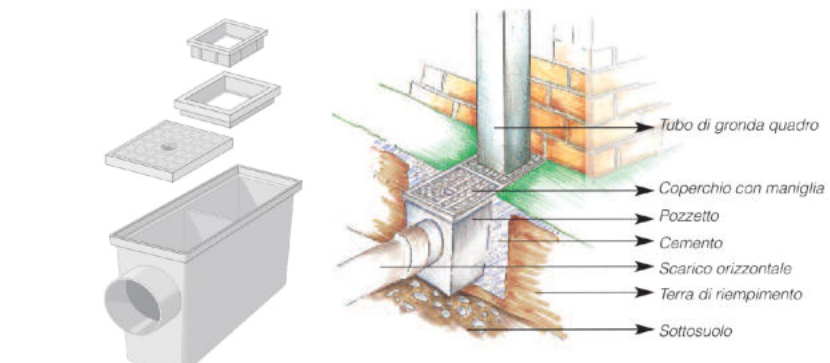
Esempi di colorazioni idonee per i pluviali



Pozzetto ispezionabile di raccordo con diversi sistemi di chiusura possibili



Pozzetto di scolo con imbocco circolare



Pozzetto di scolo con imbocco quadrato

## INTERVENTO 6C

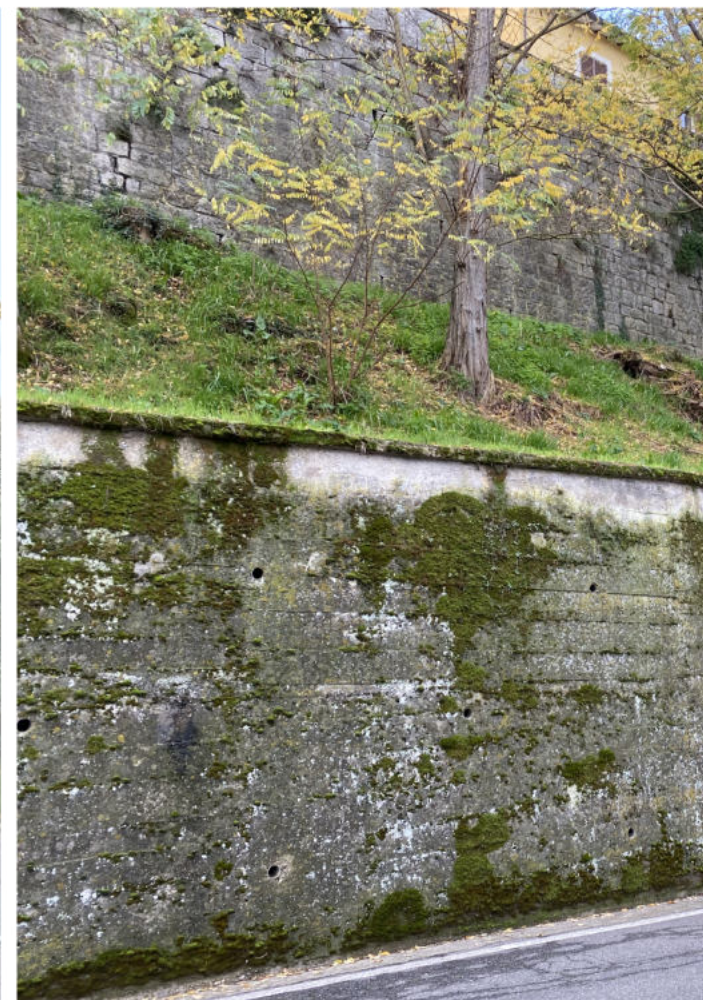
Nella planimetria sono riportati i pozzetti di ispezione e i pluviali esistenti al piede delle mura urbane lungo il versante d'interesse.

Lo schema riportato in planimetria indica il nuovo sistema di regimentazione delle acque previsto al piede delle mura in corrispondenza dei pluviali esistenti.

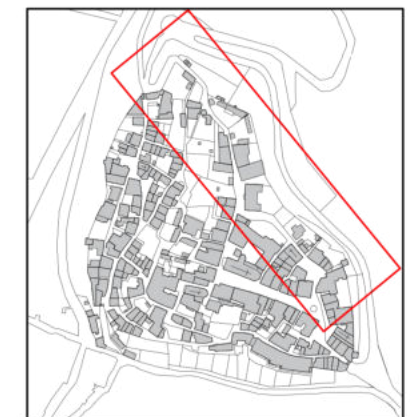
È stato riportato il percorso dell'acqua verso il punto di raccolta principale, attraverso un percorso di canalizzazione con tubazione interrata, che si collega con la fognatura esistente.



Stato di fatto del versante



0 10 50 m



## INTERVENTO 7

Intervento al muro di sostegno e al pendio situato lungo la Circonvallazione Nord.

## IPOTESI DI INTERVENTO ZONA 7



Geocella tridimensionale a nido d'ape realizzata in polietilene mediante estrusione in continuo, senza successive saldature.

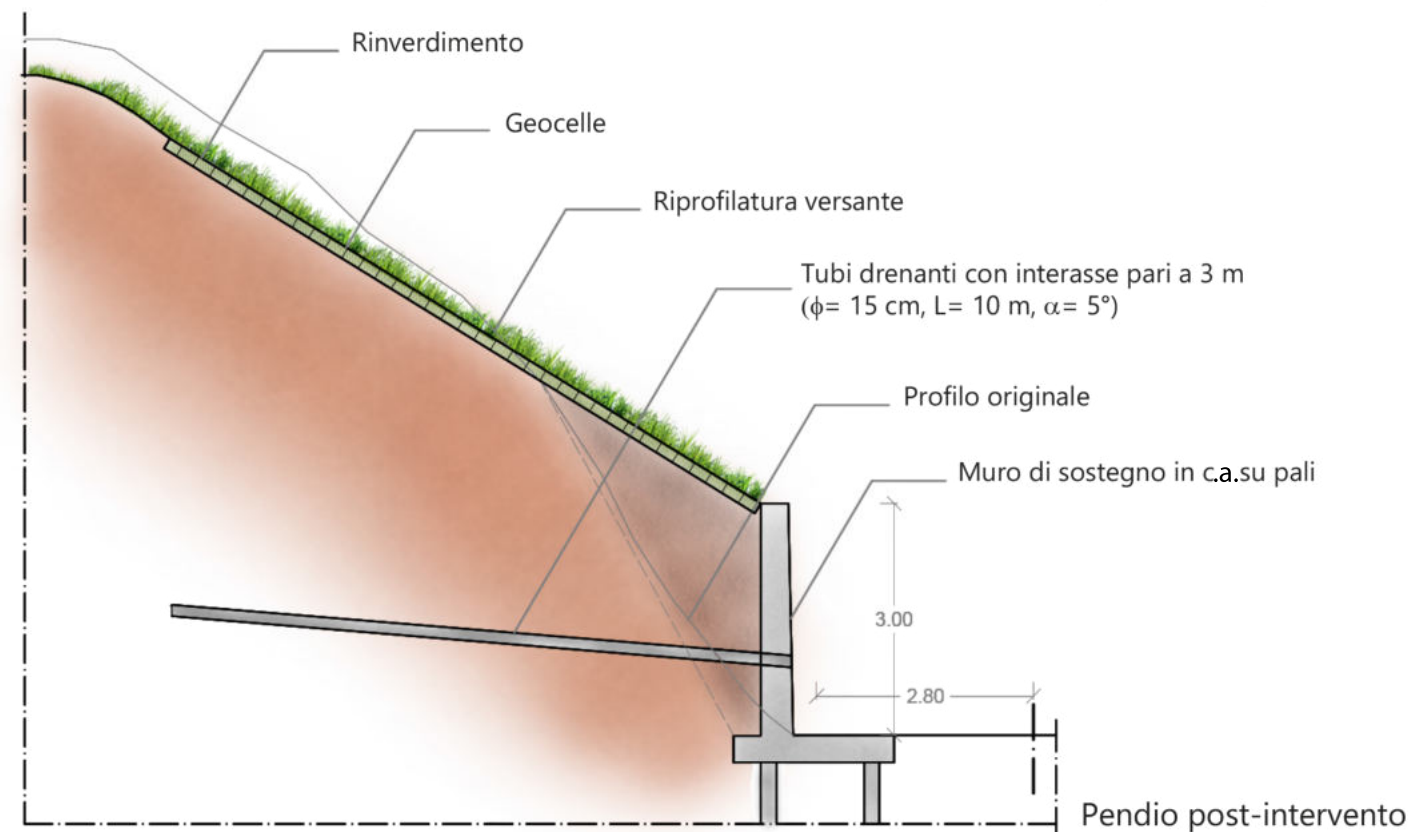
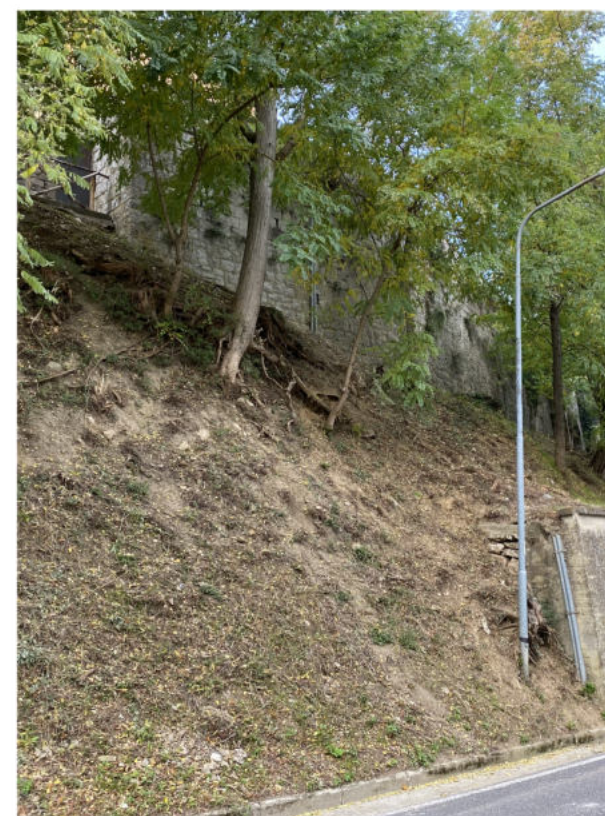


0 7.5 25 m

Muro di sostegno su pali in c.a.  
Riprofilatura versante  
Geocelle  
Rinverdimento



Intervento di pulitura sul paramento murario esistente

**INTERVENTO 7**

L'intervento, lungo il tratto di strada della Circonvallazione Nord, prevede la realizzazione di un muro di contenimento del terreno al piede del pendio a proseguimento di quello esistente e la riprofilatura della parte superiore del versante con l'installazione di geocelle. Si tratta di una struttura monolitica, molto resistente a trazione, apribile a fisarmonica che una volta estesa e riempita consente un'efficace confinamento dei materiali posati all'interno delle celle. Successivamente si provvederà al rinverdimento del pendio. Inoltre, sul paramento del muro esistente si provvederà alla rimozione dei depositi superficiali incoerenti e della vegetazione che risultano nocivi per la sua conservazione.



---

# Bibliografia

- [1] D. Ligato, T. Marasciulo, F. Pascarella, and M. Guerra, *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, 2002.

